

Αξιολόγηση λογισμικού Engino KidCAD για τρισδιάστατη σχεδίαση από παιδιά

Δημητρίου Δημήτρης

Δάσκαλος, MA IT in Education
engino.education@gmail.com

Σίσαμος Κώστας

Μηχ. Μηχανικός, MSc – Δάσκαλος
c.sisamos@engino.com

.....

Περίληψη

Το παρόν άρθρο παρουσιάζει τα αποτελέσματα της πιλοτικής εφαρμογής σε μαθητές Δημοτικού και Γυμνασίου ενός νέου εκπαιδευτικού λογισμικού τρισδιάστατης σχεδίασης πάνω σε υπολογιστή για τη δημιουργία ψηφιακών μοντέλων. Το λογισμικό, με την ονομασία Engino KidCAD, συμπληρώνει ένα βασικό κενό του μαθήματος Σχεδιασμού και Τεχνολογίας στην Κύπρο που αφορά στον τρόπο σχεδίασης κατασκευαστικών ιδεών από τους μαθητές. Το Αναλυτικό Πρόγραμμα της Κύπρου προτείνει τη χρήση σχεδιαστικών συστημάτων τύπου CAD στην τάξη, εντούτοις τέτοια λογισμικά δεν υπάρχουν διαθέσιμα στην εκπαίδευση. Μέσα από την έρευνα καταγράφηκαν ενδιαφέρουσες απόψεις και αντιδράσεις των εκπαιδευτικών και των μαθητών για το λογισμικό, ενώ αναδείχθηκε η μεγάλη εκπαιδευτική του αξία, τόσο στην ανάπτυξη νέων δεξιοτήτων, όσο και στην ενίσχυση του σχεδιασμού με μοντέρνες μεθόδους.

Λέξεις κλειδιά: τρισδιάστατη σχεδίαση, εκπαιδευτικό λογισμικό, Σχεδιασμός & Τεχνολογία, αξιολόγηση, απόψεις εκπαιδευτικών, μαθητές Δημοτικού – Γυμνασίου.

Εισαγωγή: Ερευνητικό υπόβαθρο και στόχοι

Τα τελευταία χρόνια διάφορα εκπαιδευτικά συστήματα πρωτοβάθμιας και δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης, στην Αγγλία (Βρετανικό Τμήμα Εκπαίδευσης, 2013) και τις Σκανδιναβικές χώρες κυρίως, έχουν τροποποιήσει τα μαθήματά τους, ούτως ώστε να δίνουν μεγαλύτερη έμφαση σε μοντέρνες τεχνολογίες. Οι υπολογιστές είναι βασικό μέρος της εκπαίδευσης και εξειδικευμένα λογισμικά χρησιμοποιούνται σε όλα τα επίπεδα. Συγκεκριμένα, στο μάθημα Σχεδιασμού και Τεχνολογίας οι μαθητές Δημοτικού και Γυμνασίου μαθαίνουν τις βασικές αρχές της τεχνολογίας με το να κατασκευάζουν πολύπλοκα μοντέλα με τη διαδικασία λύσης προβλήματος.

Ένα βασικό στοιχείο του μαθήματος είναι η σχεδίαση των ιδεών του μαθητή. Οι μαθητές συνήθως σχεδιάζουν με το χέρι τις ιδέες τους και σπάνια χρησιμοποιούν προγράμματα σχεδιασμού. Στη σημερινή αγορά εργασίας, όμως, οι περισσότεροι μηχανικοί χρησιμοποιούν τρισδιάστατα συστήματα CAD (όπως SOLIDWORKS, AUTOCAD, 3D STUDIO MAX κλπ) για να αναλύουν τις ιδέες τους και να σχεδιάζουν τα προϊόντα. Το πρόβλημα έγκειται στο γεγονός ότι στα σχολεία της Κύπρου δεν υπάρχει λογισμικό που να επιτρέπει την εύκολη σχεδίαση τρισδιάστατων μοντέλων και να περιέχει βιβλιοθήκες με εξαρτήματα που ήδη χρησιμοποιούνται στο μάθημα Σχεδιασμού και Τεχνολογίας. Για αυτό το λόγο, η εταιρεία ENGINO, με έδρα τη Λεμεσό, σε συνεργασία με το ερευνητικό κέντρο του πανεπιστημίου

FREDERICK ανέλαβαν το 2012 τη δημιουργία ενός τέτοιου λογισμικού. Το έργο με την ονομασία: «Ανάπτυξη λογισμικού για τρισδιάστατη σχεδίαση από παιδιά» εντάσσεται στα πλαίσια της «Δέσμης Προγραμμάτων για Έρευνα, Τεχνολογική Ανάπτυξη και Καινοτομία 2009-2010» του Ιδρύματος Προώθησης Έρευνας και συγχρηματοδοτείται από την Κυπριακή Δημοκρατία και το Ευρωπαϊκό ταμείο περιφερειακής ανάπτυξης της ΕΕ.

Το έργο είχε δύο γενικούς στόχους: 1) από τεχνολογικής πλευράς, το λογισμικό να μπορεί να χρησιμοποιηθεί από την εταιρεία Engino για βελτιστοποίηση της μεθοδολογίας στησίματος μοντέλων και οδηγιών. 2) Από εκπαιδευτικής πλευράς, το λογισμικό να είναι φιλικό προς παιδιά ηλικίας 9-15 ετών, για να μπορούν να το χρησιμοποιήσουν: α) στο μάθημα Σχεδιασμού και Τεχνολογίας, στην ενότητα «Σχεδιασμός» για την ψηφιακή σχεδίαση των ιδεών τους και β) γενικότερα στο σπίτι και στο σχολείο για να περιεργάζονται τα υλικά Engino, καθώς και άλλα υλικά σε τρισδιάστατη ψηφιακή μορφή.

Μετά από 2 χρόνια επίπονης εργασίας, τόσο σε τεχνολογικό επίπεδο όσο και επιστημονικό επίπεδο, δημιουργήθηκε το 2014 μια ικανοποιητική έκδοση του λογισμικού με την ονομασία Engino KidCAD. Γενικός σκοπός της παρούσας έρευνας ήταν να χρησιμοποιηθεί πιλοτικά το λογισμικό από εκπαιδευτικούς που διδάσκουν το μάθημα Σχεδιασμού και Τεχνολογίας σε Δημοτικά και Γυμνάσια, καθώς και τους μαθητές τους, ούτως ώστε να γίνει καταγραφή των απόψεων και εισηγήσεων τους για βελτιστοποίηση του έργου.

Το μάθημα Σχεδιασμού και Τεχνολογίας στην Κύπρο

Τα τελευταία χρόνια, έχουν ωριμάσει οι τεχνολογίες δημιουργίας γραφικών πραγματικού χρόνου σε τρεις διαστάσεις, επιτρέποντας τη δημιουργία εκπαιδευτικού λογισμικού κατάλληλου για την προσομοίωση/οπτικοποίηση φαινομένων των Φυσικών Επιστημών, η μελέτη των οποίων διευκολύνεται σε μέγιστο βαθμό από την επί πλέον διάσταση. Ανάλογη εξέλιξη (και διάδοση) παρουσιάζει και το υλικό (hardware), με έμφαση στις κάρτες γραφικών, το κόστος κτήσης του οποίου έχει πάψει πλέον να είναι απαγορευτικό για το σχολείο.

Ένα από τα θέματα του Αναλυτικού τόσο στη Δημοτική όσο και στη Μέση εκπαίδευση είναι το μάθημα του «Σχεδιασμού και Τεχνολογίας» που σκοπό έχει να οδηγήσει τα παιδιά στην πρόσκτηση γνώσεων και δεξιοτήτων στο θέμα. Για τους μαθητές αυτούς δεν υπάρχουν αρκετά υφιστάμενα λογισμικά που χρησιμοποιούνται για το συγκεκριμένο μάθημα εκπαίδευσης. Οι κατασκευές και οι σχεδιασμοί γίνονται με πραγματικά εξαρτήματα που πολλές φορές δεν είναι αρκετά για όλους τους μαθητές. Ένα άλλο συχνό πρόβλημα είναι η φθορά ή απώλεια ορισμένων εξαρτημάτων, κάτι που μειώνει τη δημιουργικότητα των μαθητών.

Το μάθημα Σχεδιασμός και Τεχνολογία θεωρείται σήμερα πρωταρχικό στο εκπαιδευτικό σύστημα της Κύπρου, τόσο για την προσέγγιση των στόχων του νέου σχολείου, όσο και για την εφαρμογή των αρχών και μεθόδων της σύγχρονης παιδαγωγικής. Γενικός σκοπός του μαθήματος, σύμφωνα με το Αναλυτικό πρόγραμμα της Κύπρου (Υπουργείο Παιδείας και Πολιτισμού, 2012) είναι η παροχή δυνατότητας εμπλοκής των μαθητών/τριών σε μια δημιουργική και καινοτόμο διαδικασία μέσα από την οποία θα αποκτήσουν τις απαραίτητες γνώσεις, δεξιότητες και στάσεις, για να σχεδιάσουν και να αναπτύξουν διάφορα προϊόντα

και συστήματα, για να ικανοποιήσουν διάφορες ανάγκες και να επιλύσουν διάφορα προβλήματα του ανθρώπινου περιβάλλοντος (κοινωνικό, φυσικό, τεχνητό).

Το αναλυτικό πρόγραμμα σπουδών του μαθήματος Σχεδιασμού και Τεχνολογίας στην Κύπρο είναι οργανωμένο σε επτά θεματικές περιοχές: 1) Δομές, 2) Μηχανισμοί, 3) Ενέργεια, 4) Ηλεκτρισμός και Ηλεκτρονικά, 5) Τεχνολογία Υλικών, 6) Συστήματα και Τεχνολογία Ελέγχου και 7) Σχεδιασμός. Οι ενότητες διδάσκονται σε σπειροειδή μορφή, από απλές έννοιες μέχρι περίπλοκες, σε όλες τις βαθμίδες από Δ' Δημοτικού μέχρι Α' Λυκείου. Η θεματική περιοχή που μας ενδιαφέρει για τους σκοπούς της έρευνας είναι αυτή του Σχεδιασμού στις τάξεις Ε' Δημοτικού μέχρι Γ' Γυμνασίου. Οι συγκεκριμένοι στόχοι είναι ότι οι μαθητές πρέπει να αναφέρουν τη σπουδαιότητα του Σχεδιασμού, τα βασικά του στάδια και να εφαρμόζουν τεχνικές σχεδίασης (δισδιάστατα και τρισδιάστατα σχέδια), αξιοποιώντας και προγράμματα τύπου CAD σε Η/Υ.

Εκπαιδευτικά λογισμικά τρισδιάστατης σχεδίασης

Στην αγορά υπάρχουν αρκετά λογισμικά που ασχολούνται με τον σχεδιασμό σε τρισδιάστατο χώρο, αλλά κανένα δεν είναι προσαρμοσμένο στο μάθημα Σχεδιασμού και Τεχνολογίας για παιδιά. Εκτός αυτού τα περισσότερα λογισμικά είναι σχεδιασμένα για χρήστες μεγαλύτερης ηλικίας και οι εφαρμογές τους είναι περισσότερο επαγγελματικές παρά εκπαιδευτικές. Ως εκ τούτου, παρατηρείται μία έλλειψη πηγών η οποία δεν επιτρέπει τη σύγκριση της υφιστάμενης βιβλιογραφίας με τη μεθοδολογία και τα αποτελέσματα της έρευνας, ιδιαίτερα σε επίπεδο Δημοτικού και Γυμνασίου για την κατασκευή μοντέλων.

Σε επίπεδο πανεπιστημίου, ένα παράδειγμα συστήματος που έχει κατασκευαστεί συγκεκριμένα για σχεδιασμό είναι αυτό που δημιουργήθηκε από το Technical University of Lisbon, το οποίο χρησιμοποιεί τεχνολογίες τρισδιάστατου χώρου για την διδασκαλία τρισδιάστατων μοντέλων για φοιτητές πολιτικής μηχανικής. Σε έρευνα των Samraio, Henriques & Cruz (2008) οι φοιτητές κλήθηκαν να κατασκευάσουν τρία μοντέλα (τοίχο, γέφυρα και στέγη) και τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η χρήση του συστήματος βόηθα τους φοιτητές να κατανοήσουν καλύτερα την τρισδιάστατη πτυχή των μοντέλων όταν τα επεξεργάζονται πάνω σε υπολογιστή, παρά σε πραγματικά μοντέλα τα οποία δεν μπορούν να αποδομήσουν. Σε παρόμοια έρευνα των Samraio & Henriques (2008) οι φοιτητές είχαν την ευκαιρία να μελετήσουν όλες τις πτυχές που περιλαμβάνει η κατασκευή ενός τοίχου και διαφάνηκε ότι η χρήση λογισμικού τρισδιάστατης σχεδίασης έχει τεράστια εκπαιδευτικά οφέλη στη διδασκαλία μηχανικής όσον αφορά τη δημιουργία κατασκευαστικών μοντέλων.

Επίσης, υπάρχει και ένα πρόγραμμα της εταιρίας LEGO που επιτρέπει την τρισδιάστατη σχεδίαση από μια βιβλιοθήκη εξαρτημάτων LEGO, αλλά όχι άλλων εξαρτημάτων. Το λογισμικό αυτό δεν έχει δοκιμαστεί έως τώρα σε συνθήκες σχολείου.

Λογισμικό Engino KidCAD

Το λογισμικό Engino KidCAD που έχει αναπτυχθεί στηρίζεται σε θεωρίες μάθησης, οι οποίες στην ουσία υποστηρίζουν τη μαθητοκεντρική διαδικασία μάθησης (Brandes & Ginnis, 1986). και την δόμηση της γνώσης μέσα από την αλληλεπίδραση και τη διάδραση με το περιβάλλον

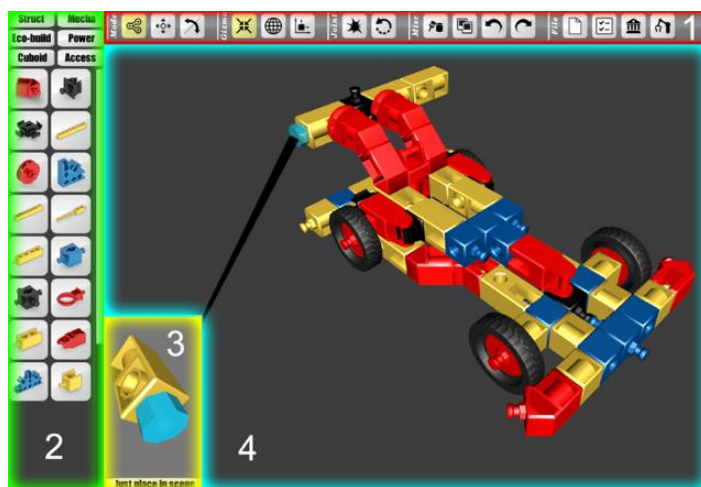
(Boud, & Feletti, 1997). Αυτές είναι, κατά κύριο λόγο, κοινωνιο-πολιτισμικές (sociocultural) (Rogers, 1983) και δομητικές (constructivist) θεωρίες μάθησης (Carlile & Jordan, 2005). Τα παιδιά ουσιαστικά μετατρέπουν τα ερεθίσματα από το περιβάλλον σε σχεδιαστικές ιδέες που υλοποιούνται με ποικίλους τρόπους μέσα από το λογισμικό.

Η δημιουργία και ο σχεδιασμός του στηρίζει μοναδικές μαθησιακές ανάγκες των μαθητών όπως είναι η ανάπτυξή τους, η παροχή ποικιλίας μέσων και υλικών και η παρακίνησή τους για μάθηση. Αυτά επιτυγχάνονται στη βάση του «μαθαίνω κάνοντας», της διαφοροποίησης του υλικού για να ικανοποιεί ανάγκες που προκύπτουν από τη διαφορετικότητα των μαθητών. Υποστηρίζει την ενεργητική συμμετοχή του μαθητή στη μάθηση και όχι την απλή πρόσληψη και αποδοχή του νοήματος, μέσα από την ενασχόλησή του με μακροχρόνιες και αυθεντικές διερευνήσεις (Vygotsky, 1978).

Από τεχνικής πλευράς, το λογισμικό Engino KidCAD αναπτύχθηκε μέσα από το πρόγραμμα Unity, μία μηχανή ανάπτυξης παιχνιδιών και πλατφόρμα εργαλείων. Το βασικό πλεονέκτημα του Unity είναι ότι μπορεί να «τρέξει» σε πολλά περιβάλλοντα: ιστοσελίδες, κινητά τηλέφωνα, tablets και κονσόλες παιχνιδιών. Το λογισμικό επιτρέπει στο χρήστη να κατασκευάσει μοντέλα γρήγορα, τα οποία στη συνέχεια μπορεί να προβάλει και μέσω διαδικτύου. Ακόμη, ανταλλάζει πληροφορίες με άλλα λογισμικά 3D για φωτορεαλιστική απεικόνιση.

Κατασκευαστής (builder)

Το βασικό κομμάτι του λογισμικού Engino KidCAD είναι ο «Κατασκευαστής». Σε αυτό το μέρος τα μοντέλα δημιουργούνται, τυγχάνουν τροποποίησης και αποθηκεύονται. Χωρίζεται σε τέσσερις περιοχές: 1) τη γραμμή εργαλείων, όπου βρίσκονται συγκεντρωμένες όλες οι λειτουργίες/εντολές του κατασκευαστή, χωρισμένες σε κατηγορίες, 2) τη βιβλιοθήκη κομματιών, όπου υπάρχουν κουμπιά με τις διακριτές κατηγορίες των κομματιών Engino για πιο γρήγορη εντόπιση του επιθυμητού κομματιού, 3) τη μικρο-κάμερα νέου κομματιού, όπου με την επιλογή κάποιου κομματιού, αυτό εμφανίζεται σε αυτό το χώρο για να επιλεγεί ο υποδοχέας από τον οποίο θα αρχίσει μια σύνδεση και 4) το χώρο εργασίας, όπου ο χρήστης πραγματοποιεί την κατασκευή του και βλέπει τα αποτελέσματα των συνδέσεων (εικόνα 1).

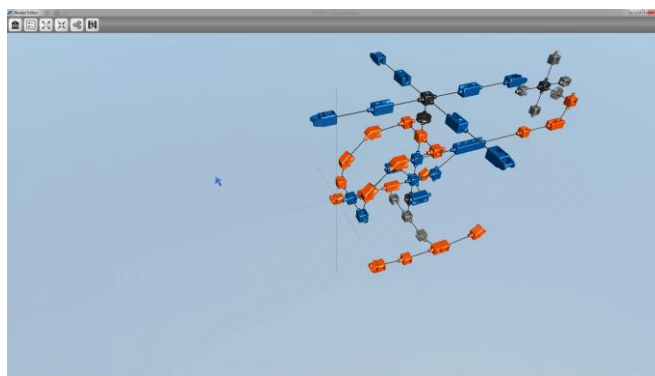


Εικόνα 1: Οι τέσσερις περιοχές λειτουργίας του κατασκευαστή.

Συνοπτικά, ο βασικός τρόπος λειτουργίας έχει ως εξής: ο χρήστης επιλέγει κάποιο εξάρτημα από τη δεύτερη περιοχή, το οποίο πηγαίνει στη μικρο-κάμερα (περιοχή 3) και αφού επιλέξει το επιθυμητό σημείο σύνδεσης, το εξάρτημα μεταφέρεται στην τέταρτη περιοχή που βρίσκεται το υπό κατασκευή μοντέλο. Στην πρώτη περιοχή βρίσκονται τα κουμπιά για περαιτέρω επεξεργασία των εξαρτημάτων, όπως περιστροφή, αλλαγή χρώματος, αναίρεση εντολής (undo), αποθήκευση μοντέλων και προβολή λίστας εξαρτημάτων.

Παρουσιαστής (viewer)

Αφού ο χρήστης ολοκληρώσει κάποιο μοντέλο (ή μέρος του) και αποθηκεύσει την εργασία του, τότε μπορεί να το προβάλει μέσω του «Παρουσιαστή», μία λειτουργία του λογισμικού Engino KidCAD στην οποία μεταφέρεται από ένα ειδικό κουμπί του κατασκευαστή. Ο παρουσιαστής είναι απλός στη χρήση. Στο κυρίως παράθυρο εμφανίζεται το μοντέλο που θέλουμε να προβάλουμε και το οποίο μπορούμε να «σπάσουμε» στις διάφορες συνδέσεις του με δύο ειδικά κουμπιά μεγέθυνσης και σμίκρυνσης. Οι σύνδεσμοι διακρίνονται μέσω γραμμών, λειτουργία χρήσιμη για την παραγωγή οδηγιών κατασκευής (εικόνα 2).



Εικόνα 2: Μοντέλο ελικοπτέρου στον παρουσιαστή, αποδομημένο στις συνδέσεις του.

Μεθοδολογία της έρευνας

Δείγμα

Το δείγμα της έρευνας αποτέλεσαν 10 εκπαιδευτικοί οι οποίοι διδάσκουν το μάθημα Σχεδιασμού και Τεχνολογίας, καθώς και οι 109 μαθητές των τάξεων τους, ειδικότερα 7 δάσκαλοι Δημοτικού με 82 μαθητές (62 Ε' τάξης και 20 ΣΤ') και 3 καθηγητές Γυμνασίου με 27 μαθητές (5 Α' τάξης, 12 Β' και 10 Γ'). Η επιλογή των εκπαιδευτικών και κατ' επέκταση των σχολείων τους έγινε ανάλογα με την προθυμία για συμμετοχή στην έρευνα, μετά από τηλεφωνική επικοινωνία με εκπαιδευτικούς. Όσον αφορά στο Δημοτικό επιλέχθηκαν 6 δημόσια σχολεία στη Λεμεσό (2 δάσκαλοι δίδασκαν στο ίδιο σχολείο) με τέτοιο τρόπο ώστε να καλύπτεται όσο το δυνατόν μεγαλύτερο μέρος της πόλης. Όσον αφορά στο Γυμνάσιο, η έρευνα έγινε σε 1 ιδιωτικό σχολείο της Λευκωσίας με 3 καθηγητές, λόγω μη προθυμίας άλλων.

Ερωτηματολόγια

Η συλλογή δεδομένων γινόταν μέσω επίδοσης δύο ερωτηματολογίων: ένα για τους μαθητές και ένα για τους εκπαιδευτικούς, τα οποία περιείχαν ερωτήσεις κλειστού και ανοικτού τύπου. Τα ερωτηματολόγια ήταν σχεδιασμένα ώστε να καταγραφούν οι απόψεις των εκπαιδευτικών και μαθητών πάνω σε 4 συμπεριφορές, με τη βοήθεια επιμέρους δεικτών:

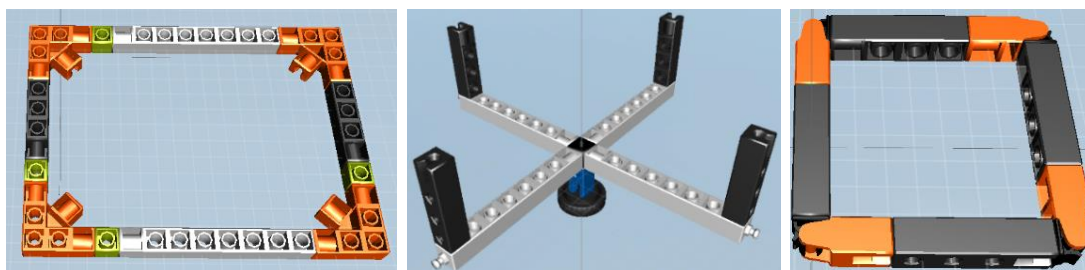
- Συμπεριφορά 1: κατανόηση του εργαλείου, με δείκτες: α) χρόνος εκμάθησης και εξοικείωσης με το εργαλείο και β) ευκολία κατανόησης των εξαρτημάτων και λειτουργιών.
- Συμπεριφορά 2: εκτέλεση του έργου, με δείκτες: α) χρόνος κατασκευής μοντέλου και ευκολία ολοκλήρωσης της εργασίας και β) φιλικότητα του προγράμματος.
- Συμπεριφορά 3: συνειδητοποίηση της πρακτικής αξίας του λογισμικού, με δείκτες: α) αναφορά στην πρακτική αξία του λογισμικού και β) ικανότητα επεξήγησης και συσχέτισης της εργασίας με την πραγματικότητα.
- Συμπεριφορά 4: ικανοποίηση από την εργασία, με δείκτες: α) χρησιμότητα των μοντέλων και β) διατήρηση του ενδιαφέροντος.

Για σκοπούς εξοικονόμησης χώρου, οι διατυπώσεις των ερωτήσεων παρατίθενται στο επόμενο κεφάλαιο κατά τη συζήτηση των αποτελεσμάτων.

Διαδικασία

Η έρευνα έγινε από το Νοέμβριο μέχρι το Δεκέμβριο 2014 και αφορούσε τη διδασκαλία τριών μαθημάτων των δύο περιόδων σε τάξεις Δημοτικού (80 λεπτά) και Γυμνασίου (90 λεπτά) στα πλαίσια του μαθήματος Σχεδιασμού και Τεχνολογίας, με τη χρήση υλικών Engino και του λογισμικού τρισδιάστατης σχεδίασης. Όλοι οι μαθητές είχαν τις ίδιες εργασίες για τον ίδιο χρόνο, απλώς οι μαθητές Γυμνασίου είχαν περισσότερα λεπτά στο τέλος για το ερωτηματολόγιο, κάτι που δεν επηρέαζε τη διαδικασία καθ' εαυτή.

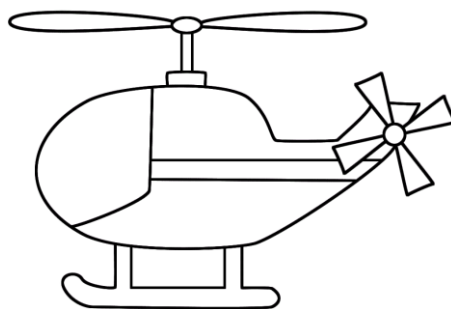
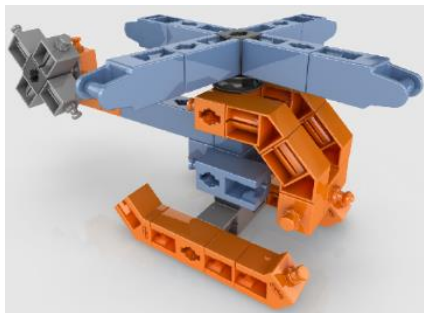
Η διδασκαλία του παιχνιδιού Engino και του λογισμικού έγινε στο πρώτο μάθημα των δύο περιόδων. Συγκεκριμένα, έγινε μία πρώτη επαφή με τα εξαρτήματα της Engino και τα παιδιά έφτιαξαν τρία απλά μοντέλα: ορθογώνιο, τραμπάλα και τετράγωνο (εικόνα 3). Στη δεύτερη περίοδο διδάχθηκαν το λογισμικό και έφτιαξαν τα ίδια μοντέλα σε ψηφιακή μορφή στον κατασκευαστή, ενώ χρησιμοποίησαν και τον παρουσιαστή για να δουν κι άλλα μοντέλα.



Εικόνα 3: Μοντέλα ορθογωνίου, τραμπάλας και τετραγώνου για το πρώτο μάθημα.

Στο δεύτερο μάθημα δύο περιόδων οι μαθητές ασχολήθηκαν εξ ολοκλήρου με τη λειτουργία του κατασκευαστή. Οι μαθητές έπρεπε να φτιάξουν το μοντέλο ενός μικρού ελικοπτερου σε ψηφιακή μορφή, χρησιμοποιώντας τον κατασκευαστή του λογισμικού. Για αυτό τον σκοπό

χωρίστηκαν σε τρεις ομάδες ανάλογα με τον τρόπο οδηγιών που είχαν στη διάθεσή τους: 1) ομάδα που είχε αντίγραφο μοντέλο ελικοπτέρου φτιαγμένο από Engino, 2) ομάδα που είχε κατασκευαστικές οδηγίες Engino στο χαρτί και 3) ομάδα που είχε μια απλή γραμμική εικόνα ελικοπτέρου στο χαρτί (εικόνα 4). Ο λόγος ύπαρξης των ομάδων ήταν για να διαφανεί με ποιο τρόπο οδηγιών είναι πιο εύκολο να χρησιμοποιηθεί ο κατασκευαστής και ποιες ομάδες επιτυγχάνουν τα καλύτερα αποτελέσματα. Όποια ομάδα τελείωνε το ελικόπτερο έπαιρνε και δεύτερο μοντέλο ενός αυτοκινήτου, με την ίδια διαδικασία οδηγιών.



Εικόνα 4: Μοντέλο ελικοπτέρου για το δεύτερο μάθημα και η απλή του εικόνα (ομάδα 3).

Στην πρώτη περίοδο του τρίτου μαθήματος οι μαθητές ασχολήθηκαν εξ ολοκλήρου με τη λειτουργία του παρουσιαστή. Συγκεκριμένα, οι μαθητές έπρεπε να φτιάξουν το πραγματικό μοντέλο ενός μεγάλου αυτοκινήτου χρησιμοποιώντας εξαρτήματα Engino. Γι' αυτό το σκοπό χωρίστηκαν σε 3 ομάδες ανάλογα με τον τρόπο οδηγιών που είχαν στη διάθεσή τους: 1) ομάδα που είχε αντίγραφο μοντέλο φτιαγμένο από Engino, 2) ομάδα που είχε κατασκευαστικές οδηγίες Engino στο χαρτί και 3) ομάδα που χρησιμοποίησε τον παρουσιαστή για να βλέπει τις οδηγίες τρισδιάστατα πάνω στον Η/Υ. Ο λόγος ύπαρξης των ομάδων ήταν για να διαφανεί η διαφορά στη χρήση του παρουσιαστή σε σχέση με τους άλλους τρόπους. Στη δεύτερη περίοδο του τρίτου μαθήματος, οι μαθητές παρουσίασαν τις εργασίες τους δείχνοντας τα μοντέλα που έφτιαξαν, αναφέροντας τον τρόπο που εργάστηκαν, τα προβλήματα που αντιμετώπισαν και κάνοντας συσχέτιση της εργασίας με την πραγματικότητα.

Κατά τη διάρκεια της έρευνας, ο ερευνητής επικοινωνούσε με τους εκπαιδευτικούς για τυχόν προβλήματα. Επίσης, φρόντισε να είναι παρόν τουλάχιστον σε ένα από τα μαθήματα του κάθε εκπαιδευτικού, συνήθως το πρώτο, ώστε να υπάρχει άμεση ανατροφοδότηση και βοήθεια στη διδασκαλία, κυρίως σε τεχνικά προβλήματα, μέχρι την πλήρη εξοικείωση των εκπαιδευτικών με το λογισμικό.

Αποτελέσματα και συζήτηση

Κατανόηση του εργαλείου

Όσον αφορά στο δείκτη του χρόνου εκμάθησης και εξοικείωσης με το εργαλείο, οι εκπαιδευτικοί ρωτήθηκαν: «πόσα λεπτά χρειάστηκες για να διδάξεις πλήρως το λογισμικό;». Πέντε υποκείμενα (50%) απάντησαν «15-30 λεπτά», ενώ τα υπόλοιπα 5 απάντησαν «31-45 λεπτά», γεγονός που δείχνει ότι μία περίοδος είναι αρκετή για τη διδασκαλία του λογισμικού. Σε παρόμοια ερώτηση προς τους μαθητές: «Οι δύο περίοδοι για να μάθω το λογισμικό ήταν

αρκετές;» 90% απάντησε ότι «συμφωνεί πολύ» ή «συμφωνεί λίγο», ενώ το υπόλοιπο 10% απάντησε ότι «διαφωνεί λίγο» ή «διαφωνεί πολύ» ή «δεν ξέρω». Αυτό δείχνει ότι υπάρχει η δυνατότητα εκμάθησης και πειραματισμού με το λογισμικό σε 2 διδακτικές περιόδους.

Όσον αφορά στο δείκτη της ευκολίας κατανόησης των εξαρτημάτων και λειτουργιών, τέθηκαν οι εξής ερωτήσεις στους μαθητές: «Πόσο εύκολο ήταν να καταλάβεις τον κατασκευαστή;» και «Πόσο εύκολο ήταν να καταλάβεις τον παρουσιαστή;» Οι μαθητές Δημοτικού θεώρησαν τον κατασκευαστή «πολύ εύκολο» στην κατανόηση με ποσοστό 62% και «μέτρια» με ποσοστό 25%, ενώ οι υπόλοιποι (13%) ανέφεραν «λίγο δύσκολο». Τα αποτελέσματα των μαθητών του Γυμνασίου είχαν λίγη διαφοροποίηση, όπου 25% απάντησαν «πολύ εύκολο», 40% «μέτρια», 15% λίγο δύσκολο, ενώ ποσοστό 20% απάντησε «δεν ξέρω», αναμένοντας πιθανόν τα επόμενα δύο μαθήματα για να διαπιστώσει αν κατανοεί τις βασικές λειτουργίες του. Για τον παρουσιαστή τα αποτελέσματα ήταν πιο θετικά. Οι μαθητές Δημοτικού απάντησαν με ποσοστό 70% ότι ο παρουσιαστής ήταν «πολύ εύκολος» στην κατανόηση και 30% «μέτρια», ενώ για τους μαθητές Γυμνασίου τα ποσοστά ήταν 75% και 25% αντίστοιχα.

Ενδιαφέρουσες ήταν και οι εισηγήσεις των εκπαιδευτικών για πιο αποτελεσματική διδασκαλία του λογισμικού που εκφράστηκαν σε ανοικτού τύπου ερώτηση. Μία εισήγηση ήταν οι μαθητές να εργάζονται μαζί με τον εκπαιδευτικό στους υπολογιστές κατά την εκμάθηση του λογισμικού ή ακόμη κάποιοι να φτιάχνουν τα μοντέλα με οδηγίες του δασκάλου. Επίσης, ένας εκπαιδευτικός έδειξε για λίγο χρόνο τα πραγματικά μοντέλα στους μαθητές και μετά τους ζήτησε να τα φτιάξουν από μνήμης, γεγονός που, όπως ανέφερε, αύξησε το ενδιαφέρον και την αποδοτικότητα τους, τόσο στην εκμάθηση όσο και στον πειραματισμό. Δύο άλλες εισηγήσεις ήταν η επίδειξη ενός μικρού βίντεο με οδηγίες στην αρχή του μαθήματος και οι μαθητές να χρησιμοποιήσουν το λογισμικό στο σπίτι για περισσότερη εξοικείωση.

Γενικά, από την εμπειρία του πρώτου μαθήματος, τα παιδιά επέδειξαν μεγάλο ενθουσιασμό όταν εργάζονταν με το λογισμικό. Η αρχική ενασχόληση με τα πραγματικά εξαρτήματα Engino βοήθησε αρκετά στο να γίνουν κατανοητές οι διάφορες συνδέσεις, καθώς και στο να αντιληφθούν τα παιδιά το τρισδιάστατο στοιχείο του προγράμματος. Οι μαθητές είχαν τη δυνατότητα συσχέτισης της πραγματικής κατασκευής με την ψηφιακή και τη μεταφορά δεδομένων από τα πραγματικά υλικά στα ψηφιακά εξαρτήματα του υπολογιστή. Ιδιαίτερα, όσοι μαθητές είχαν επαφή με το κατασκευαστικό παιχνίδι Engino πριν την έρευνα, επέδειξαν μεγάλη ικανότητα στην πραγματική όσο και στην ψηφιακή κατασκευή, αφού τελείωναν πιο γρήγορα από τους υπόλοιπους και έφτιαχναν και δικά τους μοντέλα στη συνέχεια.

Εκτέλεση του έργου

Όσον αφορά στο δείκτη του χρόνου κατασκευής μοντέλου, οι μαθητές και οι εκπαιδευτικοί κατέγραφαν το χρόνο που χρειάστηκαν για να φτιάξουν το ψηφιακό ελικόπτερο. Για το Δημοτικό, η ομάδα 1 χρειάστηκε 50 λεπτά μέσο όρο, η ομάδα 2 ήθελε 65 λεπτά, ενώ η ομάδα 3 ήθελε 75 λεπτά. Υπήρχαν περιπτώσεις σχολείων όπου 10 ομάδες παιδιών δεν ολοκλήρωσαν την εργασία τους, ιδιαίτερα εκεί όπου ο ερευνητής δεν ήταν παρών στο μάθημα, ώστε να διευκολύνει τη διαδικασία. Αυτό δείχνει ότι η εξοικείωση του

εκπαιδευτικού με το λογισμικό παίζει σημαντικό ρόλο στο χρόνο ολοκλήρωσης των εργασιών. Για το Γυμνάσιο όλες οι ομάδες ολοκλήρωσαν την εργασία τους και συγκριτικά πιο γρήγορα από το Δημοτικό: η ομάδα 1 σε 40 λεπτά, η ομάδα 2 σε 50 λεπτά και η ομάδα 3 σε 60 λεπτά, ενώ υπήρχαν 3 ομάδες Γυμνασίου που κατάφεραν να φτιάξουν και το ψηφιακό μοντέλο του αυτοκινήτου.

Όσον αφορά στο δείκτη της φιλικότητας του προγράμματος τέθηκε η εξής ερώτηση στους μαθητές: «Το πρόγραμμα ήταν πολύ φιλικό;». Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι το λογισμικό ήταν φιλικό προς τα παιδιά και συγκεκριμένα ποσοστό 60% για Δημοτικό και 55% για Γυμνάσιο «συμφώνησε πολύ», ενώ 30% και 20% «συμφώνησε λίγο». Το υπόλοιπο ποσοστό «διαφώνησε λίγο» (5% και 15%) ή «διαφώνησε πολύ» (5% και 10%).

Ενδιαφέρουσες ήταν και οι εισηγήσεις των εκπαιδευτικών για πιο αποτελεσματική χρήση του λογισμικού που εκφράστηκαν σε ανοικτού τύπου ερώτηση στο ερωτηματολόγιο. Οι περισσότερες αφορούσαν διάφορα τεχνικά προβλήματα που προέκυψαν κατά τη χρήση του κατασκευαστή, τα οποία έχουν καταγραφεί και θα διορθωθούν από τους προγραμματιστές. Από εκπαιδευτικής πλευράς, μία εισήγηση ήταν η δημιουργία μίας αρχικής σελίδας μέσα στο πρόγραμμα όπου θα επεξηγούνταν επαρκώς τα διάφορα κουμπιά και οι λειτουργίες τους. Επίσης, δύο εκπαιδευτικοί ανέφεραν ότι χρειάζεται περισσότερη εξοικείωση από τους εκπαιδευτικούς και στη συνέχεια από τους μαθητές ώστε να γίνει το μάθημα σωστά.

Γενικά, από την εμπειρία του δεύτερου μαθήματος φάνηκε ότι τα παιδιά χρειάστηκαν λίγο χρόνο για να θυμηθούν τη λειτουργία του κατασκευαστή. Εντούτοις, σε κάθε ομάδα προέκυψε κάποια δυσκολία την οποία έπρεπε να σκεφτεί πώς να επιλύσει. Συγκεκριμένα, η ομάδα 1 που είχε το αντίγραφο μοντέλο δεν έβλεπε τα εσωτερικά εξαρτήματα και έπρεπε να σπάσει κάποιες συνδέσεις για να τα δει. Η ομάδα 2, με τυπωμένες οδηγίες, έπρεπε να βρει μία βάση εξαρτημάτων πάνω στην οποία να κτίσει το μοντέλο της και όχι να ακολουθήσει τα βήματα όπως ήταν ακριβώς τυπωμένα, γιατί το λογισμικό δεν επέτρεπε την ύπαρξη σταδίων ή εξαρτημάτων ελεύθερα μέσα στο χώρο εργασίας. Η ομάδα 3, με γραμμική εικόνα, έφτιαχνε τα μοντέλα εξίσου γραμμικά, ενώ τους ζητήθηκε να είναι τρισδιάστατα, όμως η εργασία τους ήταν πιο δύσκολη γιατί χρειαζόταν εξοικείωση με τα εξαρτήματα.

Η συμπεριφορά εκτέλεσης του έργου μελετήθηκε και στην πρώτη περίοδο του τρίτου μαθήματος, όπου οι μαθητές ασχολήθηκαν με τη λειτουργία του παρουσιαστή. Γενικά, ο παρουσιαστής είναι πιο απλός σε σχέση με τον κατασκευαστή. Όμως, από την εμπειρία του τρίτου μαθήματος φάνηκε ότι τα παιδιά της τρίτης ομάδας είχαν δυσκολίες στο να χρησιμοποιήσουν τον παρουσιαστή για να δουν το μοντέλο και να κατασκευάσουν το πραγματικό. Οι μαθητές του Δημοτικού δυσκολεύονταν να δουλέψουν με το ποντίκι του υπολογιστή ώστε να βλέπουν το μοντέλο από διάφορες γωνιές και πως συνδέονται τα εξαρτήματα.

Συνειδητοποίηση της πρακτικής αξίας του λογισμικού

Όσον αφορά στο δείκτη της αναφοράς στην πρακτική αξία του λογισμικού, στους εκπαιδευτικούς τέθηκε η εξής ερώτηση: «Σε ποιο βαθμό τα παιδιά κατανοούν την πρακτική αξία του λογισμικού;» ποσοστό 60% απάντησε σε «μέτριο βαθμό» και το υπόλοιπο ποσοστό

(40%) απάντησε σε «μεγάλο βαθμό». Η αντίστοιχη ερώτηση των μαθητών ήταν: «Καταλαβαίνω την πρακτική αξία της εργασίας και του λογισμικού (δηλαδή ότι είναι χρήσιμο στη ζωή μας)», όπου ποσοστό 40% των μαθητών του Δημοτικού και 55% του Γυμνασίου ανέφερε «συμφωνώ πολύ», 28% Δημοτικού και 17% Γυμνασίου ανέφερε «συμφωνώ λίγο» ενώ οι υπόλοιποι, 32% και 28% αντίστοιχα, ανέφεραν «διαφωνώ λίγο».

Όσον αφορά στο δείκτη ικανότητας επεξήγησης και συσχέτισης της εργασίας με την πραγματικότητα, οι μαθητές ρωτήθηκαν την ανάλογη ερώτηση. Ποσοστό 42% των μαθητών Δημοτικού και 65% των μαθητών Γυμνασίου ανέφεραν «συμφωνώ πολύ», ποσοστό 34% και 25% ανέφερε «συμφωνώ λίγο» και το υπόλοιπο ποσοστό (24% και 10%) ανέφερε «διαφωνώ λίγο». Από τους εκπαιδευτικούς ζητήθηκε να αναφέρουν σχετικά παραδείγματα. Ένας ανέφερε: «Ένα παιδί έχει μοντέλα της Engino στο σπίτι και φτιάχνει κατασκευές», ενώ άλλος έγραψε: «Ότι χρησιμοποιούν είναι προϊόν τέτοιας διαδικασίας (σχεδιασμός, παραγωγή)».

Ικανοποίηση από την εργασία

Όσον αφορά στο δείκτη της χρησιμότητας των μοντέλων, στους εκπαιδευτικούς τέθηκε η εξής ερώτηση: «Σε ποιο βαθμό τα παιδιά θεωρούν ότι τα ψηφιακά μοντέλα που έφτιαξαν είναι χρήσιμα;» και ποσοστό 80% απάντησε «σε μέτριο βαθμό», ενώ το υπόλοιπο 20% απάντησε «σε μικρό βαθμό». Όσον αφορά το δείκτη της διατήρησης του ενδιαφέροντος, στους εκπαιδευτικούς τέθηκε η εξής ερώτηση: «Σε ποιο βαθμό κρατήθηκε το ενδιαφέρον των παιδιών καθ' όλη τη διάρκεια και των τριών μαθημάτων;» και ποσοστό 80% απάντησε «σε μεγάλο βαθμό», ποσοστό 10% απάντησε «σε μέτριο βαθμό», ενώ ένας εκπαιδευτικός Γυμνασίου (10%) απάντησε ο βαθμός είναι ανάλογα με το μαθητή.

Ενδιαφέρουσες ήταν οι απόψεις των εκπαιδευτικών που εκφράστηκαν στην εξής ερώτηση ανοικτού τύπου: «Πιστεύεις ότι τα παιδιά έδειξαν αρκετό ενθουσιασμό για το λογισμικό; Τι τους άρεσε περισσότερο από όλα τα μαθήματα; Τι δεν τους άρεσε;». Κάποιοι εκπαιδευτικοί αναφέρθηκαν στο κατά πόσο άρεσε στους μαθητές η ψηφιακή κατασκευή ή η πραγματική, όπως χαρακτηριστικά ειπώθηκε: «Έδειξαν αρκετό ενθουσιασμό. Περισσότερο τους άρεσε η κατασκευή του πρακτικού μοντέλου, αλλά πιστεύω πως αυτό οφείλεται στον μη επαρκή χρόνο που είχαμε για την πλήρη κατανόηση του λογισμικού», ενώ για το ίδιο θέμα ένας άλλος εκπαιδευτικός ανέφερε: «Προτιμούσαν την κατασκευή παρά το λογισμικό». Άλλα σχόλια αφορούσαν τον ενθουσιασμό των παιδιών για κάτι καινούργιο, όπως και για τη χρήση του Η/Υ: «Τα παιδιά έδειξαν ενθουσιασμό. Ήταν κάτι διαφορετικό. Τους άρεσε και η ενασχόληση με τα ίδια τα μοντέλα στην πράξη, αλλά και η ψηφιακή εφαρμογή».

Συμπεράσματα και εισηγήσεις για περαιτέρω έρευνα

Η έλλειψη ερευνών για αξιολόγηση λογισμικών τρισδιάστατης σχεδίασης στην Κύπρο και γενικά η έλλειψη λογισμικών παγκοσμίως για σχεδίαση σε επίπεδο σχολείου στο μάθημα Σχεδιασμού και Τεχνολογίας, ενέχει μια δυσκολία ως προς τη σύγκριση και την αξιολόγηση των αποτελεσμάτων μέσω της βιβλιογραφίας. Μπορούμε, όμως, στα πλαίσια των αποτελεσμάτων της έρευνας, να εστιάσουμε στις απόψεις των υποκειμένων και μέσα από τα συμπεράσματα να γίνει η μέγιστη βελτίωση του λογισμικού για ένταξή του στην εκπαίδευση.

Το λογισμικό Engino KidCAD χρήζει περαιτέρω τεχνικής βελτίωσης, αλλά οι δυνατότητες και οι εφαρμογές του στην εκπαίδευση είναι απεριόριστες. Υλοποιεί τους στόχους του αναλυτικού προγράμματος του μαθήματος Σχεδιασμού και Τεχνολογίας, κυρίως όσον αφορά την ενασχόληση των μαθητών με σχεδιαστικά προγράμματα τύπου CAD στο σχολείο, κάτι το οποίο δεν υπάρχει αυτή τη στιγμή στην εκπαίδευση της Κύπρου.

Το λογισμικό μπορεί να διδαχτεί σε 2 περιόδους στα πλαίσια του κεφαλαίου «Σχεδιασμός» και μπορεί να χρησιμοποιηθεί και σε άλλα κεφάλαια ολόχρονα για την κατασκευή μοντέλων. Οι μαθητές Γυμνασίου τελείωναν πιο γρήγορα τις εργασίες τους από τους μαθητές Δημοτικού, δείχνοντας ότι έχουν πιο ανεπτυγμένες δεξιότητες λόγω ηλικιακής διαφοράς. Οι ομάδες που είχαν αντίγραφο μοντέλο τελείωναν πιο γρήγορα σε σχέση με αυτές που είχαν τυπωμένες οδηγίες, ενώ οι οδηγίες με γραμμική εικόνα αποδείχθηκαν δύσκολες. Επίσης, η εξοικείωση του εκπαιδευτικού με το λογισμικό επιδρά θετικά στο χρόνο ολοκλήρωσης.

Το λογισμικό παρουσιάζει μεγάλο εκπαιδευτικό ενδιαφέρον, γιατί φέρνει αντιμέτωπους τους μαθητές με κάποια σχεδιαστικά προβλήματα τα οποία προκύπτουν μόνο κατά τη χρήση ηλεκτρονικού υπολογιστή και τα οποία δε θα μπορούσαν να έχουν κατά τη σχεδίαση με πιο απλούς τρόπους (π.χ. χαρτί και μολύβι). Τα σχεδιαστικά προβλήματα είναι η εξοικείωση με το ποντίκι του υπολογιστή, η επιλογή εξαρτημάτων από ψηφιακή βιβλιοθήκη, η επίδειξη μιας ιδέας μέσω του Η/Υ, η αντίληψη της τρισδιάστατης απεικόνισης πάνω σε επίπεδη οθόνη και η μεταφορά ενός πραγματικού αντικειμένου σε ψηφιακή μορφή και αντίστροφα. Επίσης, στα μαθήματα, για κάθε ομάδα προέκυψαν επιπλέον σχεδιαστικές προκλήσεις.

Οι μαθητές δεν έδειξαν ιδιαίτερα να κατανοούν την αξία του λογισμικού, δείχνοντας ότι χρειάζεται περισσότερη εκμάθηση για το τι χρησιμοποιείται εκτός σχολείου και στην αγορά εργασίας. Πρέπει δηλαδή να γίνει διασύνδεση της σχολικής γνώσης με τον πραγματικό κόσμο, ένα θέμα που αποτελεί διαχρονικό πρόβλημα της εκπαίδευσης.

Στην Κύπρο παρατηρείται έλλειψη γνώσης και ερευνών για τη χρήση λογισμικών τρισδιάστατης σχεδίασης. Ως εκ τούτου, θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί το λογισμικό για την εξέταση διαφόρων εκπαιδευτικών θεμάτων όπως είναι η ανάπτυξη δεξιοτήτων σχεδίασης, η εξεύρεση κατάλληλης εκπαιδευτικής μεθοδολογίας και περαιτέρω μελέτη του θέματος περί τον τρόπο παρουσίασης μιας κατασκευαστικής ιδέας ή με ποιες οδηγίες μπορούν οι μαθητές να έχουν πιο εύκολο αποτέλεσμα. Με συστηματική διδασκαλία του λογισμικού και εξάσκηση στο σπίτι, οι μαθητές μπορούν να αποκτήσουν τις ανάλογες δεξιότητες για επίλυση σχεδιαστικών προβλημάτων. Επιπλέον, μπορούν να αναπτυχθούν δεξιότητες που αφορούν τον τρόπο μάθησης, όπως τη συνεργασία σε ομάδες και την εξοικείωση με την πορεία σχεδιασμού και ανάπτυξης ενός τελικού προϊόντος.

Η επισήμανση των στοιχείων αυτών στα Αναλυτικά Προγράμματα θα συνεισφέρει στην καλύτερη συγγραφή των σχολικών βιβλίων Σχεδιασμού και Τεχνολογίας, στα οποία θα περιλαμβάνεται πρακτικά πλέον ο ψηφιακός σχεδιασμός μοντέλων. Αυτό θα ενισχύσει εν τέλει τον εκπαιδευτικό, ο οποίος με τα κατάλληλα εργαλεία θα μπορεί να προσαρμόσει τη διδασκαλία του μαθήματος του Σχεδιασμού και Τεχνολογίας στις απαιτήσεις και τις δυνατότητες των μαθητών του σε συνάρτηση με τις τεχνολογικές εξελίξεις.

Βιβλιογραφία

- A. Z. Sampaio, P. G. Henriques & C. O. Cruz (2008), *Virtual environment in Civil Engineering education: Construction of a wall, a bridge and a roof*, Technical University of Lisbon, IST/ICIST, Department of Civil Engineering and Architecture, Lisbon, Portugal.
- A. Z. Sampaio & P. G. Henriques (2008), *Building activities visualized in virtual environments*, Proceedings of eCAADe 07, 25th Conference of Education and Research in Computer Aided Architectural Design in Europe, Frankfurt, Germany, 2007, pp. 85-89.
- Barr, R. B., & Tagg, J. (1995). From teaching to learning. *Change*, 27(6), 13-25.
- Boud, D., & Feletti, G. (1997). *The challenge of problem based learning*. London: Kogan Page.
- Brandes, D., & Ginnis, P. (1986). *A guide to student centered learning*. Oxford: Blackwell.
- Βρετανικό Τμήμα Εκπαίδευσης (2013), *Statutory guidance National curriculum in England: computing programmes of study*, (διαθέσιμο online: <https://www.gov.uk/government/publications/national-curriculum-in-england-computing-programmes-of-study>), προσπελάστηκε στις 18/2/2015.
- Carlile, O., & Jordan, A. (2005), *It works in practice but will it work in theory? The theoretical underpinnings of pedagogy*, In S. Moore, G. O'Neill, and B. McMullin (Eds.), *Emerging issues in the practice of university learning and teaching*, Dublin: AISHE.
- Cobb, P. (1999), *Where is the Mind?*, In P. Murphy (Ed.), *Learners, Learning and Assessment*. London: Open University Press.
- Davis, M. H., & Harden, R. M. (1999), AMEE medical education guide No. 15: Problem-based learning: A practical guide. *Medical Teacher*, 21(2), 130-140.
- J.T. Bell and H.S. Fogler (2004), *The application of Virtual Reality to (Chemical Engineering) education*, Proceedings of 2004 Virtual Reality, Chicago, USA, pp. 217-218.
- Jonassen, D. (1994), *Thinking technology*, *Educational Technology*, 34(4), 34-37.
- Kember, D. (1997), *A reconceptualisation of the research into university academics conceptions of teaching*, *Learning and Instruction*, 7(3), 255-275.
- Papert, S. (1993). *The Children's Machine: Rethinking School in the Age of the Computer*, NY: Basic Books.
- Perkins, A. (1986), *Knowledge as Design*, Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Reynolds, J. (2000), *Learning-centered learning: Theory into practice*, *Inquiry*, 5(2).
- Rogers, C. R. (1983). *Freedom to Learn for the 80's*. Ohio: Merrill Publishing.
- Vygotsky (1978), *Mind in Society*, Cambridge, MA: Cambridge University Press.

Υπουργείο Παιδείας και Πολιτισμού (2012), *Νεό Αναλυτικό Πρόγραμμα Σχεδιασμού και Τεχνολογίας*, (διαθέσιμο online: http://www.schools.ac.cy/eyliko/mesi/themata/schediasmos_technologia/analytiko_programma/programma_spoudon.doc), προσπελάστηκε στις 28/1/2015.